



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 C23C 8/22, C22C 38/00, F16C 33/32, 33/34, 33/64</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO99/10557</p> <p>(43) 国際公開日 1999年3月4日(04.03.99)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/03782</p> <p>(22) 国際出願日 1998年8月26日(26.08.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平9/243472 1997年8月26日(26.08.97) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 日本精工株式会社(NSK LTD.)(JP/JP) 〒141-8560 東京都品川区大崎1丁目6番3号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 木内昭広(KIUCHI, Akihiro)(JP/JP) 沖田 滋(OKITA, Shigeru)(JP/JP) 山村賢二(YAMAMURA, Kenji)(JP/JP) 〒251-0021 神奈川県藤沢市鵠沼神明1丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 渡部敏彦(WATANABE, Toshihiko) 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-17-1 虎ノ門5森ビル8階 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 GB, JP, US.</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54)Title: METHOD OF PRODUCTION OF ROLLING BEARING</p> <p>(54)発明の名称 転がり軸受の製造方法</p> <p>(57) Abstract A method of producing a rolling bearing, wherein, when at least one of an inner race, an outer race and a rolling element is produced by conducting carburization, hardening and tempering of an alloy steel containing 0.05 to 0.5 wt.% of carbon, 0.5 to 18 wt.% of chromium, not greater than 1.5 wt.% of silicon, not greater than 5 wt.% of molybdenum, not greater than 4.0 wt.% of vanadium, not greater than 4 wt.% of nickel and not greater than 8 wt.% of tungsten, the carburization is effected by vacuum carburization. This vacuum carburization is conducted by introducing an acetylene type carburizing gas into a heating atmosphere held at a reduced pressure, and after carburization/diffusion is effected, hardening and tempering are further carried out. Therefore, carburization at a Cr content of at least 3.0 wt.%, that has been difficult in conventional gas carburization (preliminary oxidation + gas carburization) can be extended up to Cr content of 18 wt.% by effecting vacuum carburization.</p>		

(57)要約

転がり軸受の製造では、炭素 0.05 重量%～0.5 重量%、クロム 0.5 重量%～1.8 重量%、シリコン 1.5 重量%以下、モリブデン 5 重量%以下、バナジウム 4.0 重量%以下、ニッケル 4 重量%以下およびタングステン 8 重量%以下を含む合金鋼に浸炭、焼入れおよび焼戻しを行って内輪、外輪および転動体の少なくとも 1 つを製造する際、前記浸炭を真空浸炭で行う。真空浸炭では、減圧下の加熱雰囲気内にアセチレン系の浸炭ガスを導入して浸炭・拡散を行い、さらに焼入れ、焼戻しを行う。これにより、従来のガス浸炭（予備酸化＋ガス浸炭）では困難であったクロム (Cr) 3.0 重量%以上の浸炭が真空浸炭を行うことで、Cr 1.8 重量%まで可能になる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサオ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	ML	マリ	UG	ウガンダ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CH	スイス	IN	インド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラビア
CI	コートジボアール	IS	アイスランド	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CM	カメルーン	IT	イタリア	NO	ノルウェー		
CN	中国	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
CZ	チェコ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DE	ドイツ	KR	韓国	RU	ロシア		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SD	スーダン		
EE	エストニア	LC	セントルシア	SE	スウェーデン		
ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール		

明 細 書

転がり軸受の製造方法

技術分野

- 本発明は、鉄鋼設備、航空機ジェットエンジン、ガスタービン、
- 5 ターボチャージャなど過酷な環境で使用され、耐熱性、耐摩耗性および芯部靱性など高い信頼性が要求される転がり軸受の製造方法に関する。

背景技術

- 10 近年、軸受の使用条件の高温、高速化、あるいは芯部靱性、表面圧縮残留応力の付加による高機能化などの点から耐熱浸炭鋼のような高温用軸受材料に対する要求が高い。

- このような耐熱性の高い鋼は、クロム（Cr）、ニッケル（Ni）、シリコン（Si）、モリブデン（Mo）、バナジウム（V）、
- 15 , タングステン（W）などを含有する高合金鋼であり、例えば航空機ジェットエンジン、ガスタービン用としてAISI M50 NiLや、特に耐熱性を向上させるためにSiを多く含んだCBS600、Pyrowear 53などが知られている。

- ところで、ステンレス鋼や工具鋼などでクロム（Cr）、モリブデン（Mo）、シリコン（Si）などを多く含む高合金鋼で表面を硬化する場合、通常のガス浸炭では、浸炭時に表面に緻密な酸化膜が形成されてしまったり、粒界酸化が著しく、通常のガス浸炭方法による浸炭は困難であった（参照文献：日本金属学会誌第50巻第4号P395～P402）。
- 20

- 25 このような高合金鋼の浸炭を行う場合、例えば文献（C.F.Jaczak「Specialty Carburizing Steels for Elevated Temperature Service」; "METAL PROGRESS", p70～p78, April, 1978）に記載されているように、浸炭処理に先立って955℃の空气中で鋼の表面に酸化層を形成する予備酸化を行った後に浸炭を行う方法がとら
- 30 れている。予備酸化は緻密な酸化膜を多孔質状にするので、浸炭ガスが軸受（内輪、外輪、転動体）の表面に接触できるようにな

る。

また、予備酸化を行わない方法としては、特開平 1-225764 号公報、特開平 1-255656 号公報などに開示されているようなプラズマ浸炭法を利用することで高合金鋼の浸炭は可能であり、広く採用されている。

さらに、ステンレス鋼に真空浸炭法を適用した一例が文献に報告されている（参照文献：熱処理 22 巻 3 号 P 172~174）。

しかしながら、予備酸化を伴うガス浸炭方法では、クロム（Cr）添加量が少し多くなってくると（特に 3 重量%以上になると）
10、予備酸化の効果が小さくなり、浸炭が行われにくくなる。

また、ガス浸炭では、ガス成分中に含まれるごく少量の CO₂ や H₂O などが原因となり、特に Si 添加量が多くなると鋼材の表面に粒界酸化層が生じてしまい、浸炭性を阻害するという問題があった。Si は焼戻し軟化抵抗性を向上させる元素であり、高温環境下で使用される場合、添加の有無が機能に大きく影響を及ぼすことになる。

さらに、Cr や Mo, V 等の合金添加量が多くなると、鋼の表面に緻密な炭化物層が形成されるため、内部に浸透・拡散されるはずの炭素が炭化物形成に消費され、固溶する炭素濃度が減少するので、炭素が深くまで浸透・拡散しにくくなり、これにより浸炭時間の延長が必要となる。この結果、鋼表面の粒界酸化層はさらに大きくなり、強度低下をもたらすという問題もあった。

一方、予備酸化を必要としないプラズマ浸炭法では、真空浸炭方法の設備に加え、プラズマ放電を得るために電力設備が必要になるなど、非常に高価な設備となり、処理コストが上昇する。

また、上記元素の組み合わせにより、従来問題とされていなかった量でも、例えば Si と V が一定範囲の量で含有すると、粒界酸化に加え、Si、V との酸化物反応により、ガス浸炭では部分的に浸炭がされにくくなるといった問題も生じていた。

30 本発明者等は、上記従来の問題点を鑑みて鋭意研究の結果、合金鋼の成分を限定し、アセチレンによる真空浸炭法を適応するこ

3

とで、従来のガス浸炭では困難であった高合金鋼への浸炭、および従来の真空浸炭法では明確でなかった高合金鋼への適応（実用）可能範囲を見出し、問題の解決を行ったものである。

- 特に、アセチレンによる真空浸炭法を採用することで、従来
- 5 （従来法では浸炭性ガスにプロパン等の炭化水素系のガスを利用）明確にされていなかった真空浸炭の適応可能範囲を明らかにし、その他の処理と比較しても安価で高機能な軸受の製造方法を提供するものである。

- このように、本発明は、粒界酸化層による強度低下をもたらす
- 10 ことなく従来より低い製造コストで耐熱浸炭鋼を材料とする高機能な軸受を製造することができる転がり軸受の製造方法を提供することを目的とする。

発明の開示

- 15 上記目的を達成するために、本発明者等はプラズマ放電などを必要としない真空浸炭法での製造に注目した。

真空浸炭法としては、特開昭61-117268号公報、特開平2-22451号公報、特開平6-172960号公報、特開平8-325701号公報などに記載の方法が公開されかつ実用

20 化されているが、Cr、Si、Vなど浸炭性に影響を及ぼす元素を多く（例えば、Crを3重量%以上）含む高合金鋼に適応を検討されている例はない。

また、ステンレス鋼SUS403に真空浸炭法を適用した一例が文献に報告されているが（参照文献：熱処理22巻3号P17

25 2～174）、合金元素の浸炭性への影響については何も検討されていない。

一方、真空浸炭法と比較して、高合金鋼への浸炭適応例が多く存在する方法として、プラズマ浸炭法が挙げられるが、プラズマ浸炭法が高合金鋼への浸炭を可能とするのは、ガス浸炭法や真空

30 浸炭法では、浸炭性ガスの熱分解反応により活性化された炭素が熱エネルギーによって表面に接触し、鉄との平衡反応を利用する

のに対し、プラズマ浸炭法では、プラズマ放電により高いエネルギーを持たせたアルゴン Ar イオンや水素 H₂ イオン（クリーニング）、炭素イオン（浸炭）をワーク表面に衝突させることで、ワーク表面の清浄化作用と同時に浸炭を行わせるからである。

- 5 また一方、ガス浸炭と同様に鉄と熱分解炭素との平衡反応で浸炭を行う真空浸炭法では、高合金鋼の浸炭はそもそも困難であると考えられていた。

さらに、シリコン（Si）やニッケル（Ni）は耐熱性の向上や、焼入れ性、破壊靱性値を向上させるために添加されるが、
10 く添加すると浸炭性を阻害したり、浸炭時の浸炭むらを生じさせるなどの問題が知られている（参考文献；表面硬化、金属表面技術協会編 P 10）。

本発明は従来検討されていなかった方法に着目してなされたものであり、高機能な軸受を、従来より低コストで安定的に製造して提供することを目的とし、その請求項 1 に記載の転がり軸受の
15 製造方法は、炭素 0.05 重量%～0.5 重量%、クロム 0.5 重量%～1.8 重量%、シリコン 1.5 重量%以下、モリブデン 5 重量%以下、バナジウム 4.0 重量%以下、ニッケル 4 重量%以下およびタングステン 8 重量%以下を含む合金鋼に浸炭、焼入れ
20 および焼戻しを行って内輪、外輪および転動体の少なくとも 1 つを製造する際、前記浸炭を真空浸炭で行うことを特徴とする。

また、請求項 2 に記載の転がり軸受の製造方法では、請求項 1 に係る転がり軸受の製造方法において、前記合金鋼は、炭素 0.15 重量%～0.5 重量%、クロム 2.2 重量%～1.8 重量%を
25 含むことを特徴とする。

さらに、請求項 3 に記載の転がり軸受の製造方法では、請求項 1 に係る転がり軸受の製造方法において、前記合金鋼は、炭素 0.05 重量%～0.5 重量%、クロム 0.5 重量%～1.8 重量%、シリコン 0.8 重量%～1.5 重量%を含むことを特徴とする。

30 また、請求項 4 に記載の転がり軸受の製造方法では、請求項 1 に係る転がり軸受の製造方法において、前記合金鋼は、炭素 0.

0.5重量%～0.5重量%、クロム0.5重量%～1.8重量%、シリコン0.3重量%～1.5重量%、バナジウム0.8重量%～4.0重量%を含むことを特徴とする。

さらに、請求項5に記載の転がり軸受の製造方法では、請求項5乃至請求項4のいずれかに係る転がり軸受の製造方法において、前記真空浸炭はアセチレンを導入して行われることを特徴とする。

真空浸炭では、真空（減圧）下の加熱雰囲気内に浸炭性ガスを導入し、合金鋼への浸炭・拡散を行う際、浸炭性ガスとしては炭化水素（メタン）系のガスまたはアセチレン系のガスを導入し、
10 個々のガスに適したガス流量および炉内圧力を選定して浸炭・拡散を行い、その後に焼入れ、焼戻しを行う。浸炭性ガスとしては、化学的に不安定な活性ガスであるアセチレン系のガスであることが好ましい。

また、前記合金鋼は、モリブデン（Mo）5重量%以下、バナジウム（V）4.0重量%以下およびタングステン（W）8重量%以下の少なくとも1つを含むことが好ましく、硬い炭化物を形成し、焼戻し軟化抵抗を増大させることができるとともに、研削性を確保できる。

さらに、前記合金鋼は、脱酸剤として必要な元素であるシリコン（Si）を1.5重量%以下含むことが好ましく、焼戻し軟化抵抗を向上させることができるとともに、被削性ならびに鍛造性を確保できる。

また、前記合金鋼は、ニッケル（Ni）を4重量%以下含むことが好ましく、焼入れ性を向上させ、靱性を高めることができる
25 とともに、焼戻し後の硬度を確保できる。

図面の簡単な説明

第1図は浸炭性評価を行った際の熱処理条件を示す図、第2図はSCR系比較材で比較浸炭を行った際のクロム（Cr）濃度に対する浸炭比を示す特性図、第3図は疲労試験を行うための試験機の概略的構成を示す図、第4図は各種熱処理条件を示す図、第

5 図は硬さ測定位置を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の転がり軸受の製造方法の実施の形態について説明する。

- 5 本実施形態では、合金鋼に浸炭、焼入れおよび焼戻しを行って転
がり軸受を構成する内輪、外輪および転動体の少なくとも1つを
製造する際、浸炭を真空浸炭で行う。これにより、従来特殊な方
法を利用しないと困難とされていた高合金鋼への均一な浸炭が、
特殊な設備を必要とせず低コストで製造可能となり、高品質な軸
10 受を提供するものである。

- 真空浸炭法のうち、特開平8-325701号公報に示されて
いるアセチレンによる真空浸炭法では、浸炭時の圧力を従来の真
空浸炭法よりさらに低く設定することが可能である（従来：プロ
パン等の炭化水素系のガス使用、300～700 Torr、本発
15 明：アセチレンガス使用、1 Kpa（8 Torr）以下）。この
ことは加熱室に送り込まれた浸炭性ガスの炉内での滞留時間を短
くすることとなり、熱分解後、浸炭に寄与しなかった余分な浸炭
性ガスを炉外に放出することが可能となり、スーティングが生じ
ることを抑制できる。

- 20 また、高真空（減圧）状態（従来：プロパンによる真空浸炭法
と比較して）で浸炭を行うので、CO₂やH₂Oは存在せず、浸炭
性を阻害する酸化物層の存在は少なくなると考えられる。

- さらに、真空浸炭で浸炭作用に好適なガス流量（圧力）を設定
することで、炭化物層の形成と鋼中への拡散とが比例関係に近づ
25 き、また、真空（減圧）にすることで酸化膜の生成が抑えられる
と推定されるので、均一な浸炭が可能となる。

- 尚、真空浸炭には、浸炭時に700 torr以下の圧力下にメ
タンやプロパンを導入して行う方法や、1 Kpa（8 torr）
以下の圧力下にアセチレンを導入して浸炭を行う方法などが実用
30 化されているが、本実施形態では、上記の理由などから、圧力は
低く、および浸炭性ガスは浸炭に寄与する範囲で十分であり、必

要以上の添加は好ましくないなどから、1 K p a (8 t o r r)
以下の圧力下にアセチレンを導入して浸炭を行う方法が望ましい。

そして、アセチレンによる真空浸炭法を適応し、浸炭性について合金成分範囲を実験して検討した結果、浸炭性および浸炭むら
5 の発生抑制に影響を及ぼす元素およびこの元素の好適な成分範囲を見出した。以下に、鋼の化学成分の好適な成分範囲限定の理由について説明する。

炭素 (C) は、素地をマルテンサイト化することにより、焼入れ、焼戻し後の硬さを向上するために必要な元素である。その含
10 有量を 0 . 0 5 % 以上としたのは、軸受として必要な強度を確保するためである。また、0 . 0 5 重量%未満では浸炭処理の時間が長くなり、生産性が悪化する。一方、0 . 5 重量%を越えると、
脆性が大きく低下するので、Cの含有量は0 . 0 5 重量%～0 .
5 重量%とした。

15 シリコン (S i) は、脱酸剤として必要な元素であり、0 . 1 重量%以上添加されることが望ましく、また焼戻し軟化抵抗を向上させる元素であり、耐熱性向上のためには有効な元素である。
一方で酸素と親和力の強い元素として知られており、多く添加していくと、鋼材表面の粒界酸化層が深くなり、また一定量を越え
20 ると粒内にも酸化層が生じ、表面には非常に緻密な酸化膜が形成されてしまい、これが浸炭性を低下させる原因となっていた。

また、この緻密な酸化膜の付き方は一様でなく、しばしば部分的に発生する場合があります、この場合、酸化膜が発生した箇所だけが浸炭されない「浸炭むら」が生じることとなる。この浸炭むら
25 の発生および浸炭性の低下は、ガス浸炭で処理を行う場合、本発明者等の研究の結果、S i : 0 . 8 重量%以上で発生することがわかった。

アセチレンによる真空浸炭によると、浸炭雰囲気中には酸化膜生成の要因となる C O ₂ や H ₂ O が存在せず、S i : 0 . 8 重量%
30 以上でも上記問題は発生しない。しかしながら、添加量が多すぎると、被削性並びに鍛造性を低下させるため、上限を S i : 1 .

5 重量%にした。そして、上限範囲まで浸炭性の低下および浸炭むらの発生は見られない。このことから、本実施形態ではS iの含有量をガス浸炭で問題となる0.8~1.5重量%にした。

また、バナジウム(V)と共に含有される場合、後述する理由
5 によりS iの含有量を0.3~1.5重量%にした。さらに、被削性、鍛造性の観点から添加量は少ない方が好ましく、S i : 0.3~0.8重量%未満が最も加工性良好である。S i : 0.3~0.8重量%以上添加することで焼戻し軟化抵抗性は良好となる。しかしながら、1.5重量%以上添加すると、被削性が大きく低
10 下することとなる。

クロム(Cr)は、焼入れ性を向上させ、素地を強化する他、浸炭により表面層に炭化物を析出させ、転動疲労寿命および耐摩耗性を向上させる他、耐食性の向上に有効である。この効果を得るには、少なくともCr : 0.5重量%以上含有させる必要があ
15 る。しかしながら、Cr含有量が1.8重量%を越えると加工性が悪くなるなど製造コストが上がるので、上限を1.8重量%以下とした。このことから、Crの含有量0.5~1.8重量%にした。

バナジウム(V)は、焼戻し軟化抵抗性を増大させると共に、硬い炭化物を形成する。浸炭を行うことにより、非常に微細で高
20 硬度なV C炭化物を生成し、その分散強化によって耐摩耗性および転動疲労寿命の向上に有効な元素である。しかしながら、Vの含有量が4.0重量%を越え、あまり多量に添加すると、被削性が低下すると共に高価になるので、上限を4.0重量%以下とした。

25 一般的に炭化物を形成する元素は、周辺のC量を増やし、浸炭深さを減少させる傾向があることで知られている(拡散するべき炭素が炭化物にとられ深く侵入していかない)。また、Vは炭化物を形成する元素であるが、周辺のCに及ぼす影響は少なく、大きく浸炭性に影響を及ぼさない元素として知られていた(「鉄鋼
30 と合金元素」、下巻：日本学術振興会製鋼第19委員会編P697)。

しかしながら、本発明者等はバナジウム（V）と共に一定量のシリコン（Si）が含有する合金鋼に、ガス浸炭を行う場合、浸炭性および浸炭むらに影響を及ぼすことを解明した。その影響を及ぼす含有量は、V：0.8重量%以上およびSi：0.3重量5 %以上含有した場合であり、どちらかの元素がその量以下であれば問題は生じない。

従来から、Siについては酸素との親和力の強さから、その含有量により粒界酸化層および緻密な酸化膜層の生成が知られており、ガス浸炭で問題となると考えられるような緻密な酸化膜の生成は文献の例によると、Si：1重量%近傍であった（熱処理37巻4号P229）。しかしながら、Si：0.3重量%であってもV：0.8重量%以上含有することでガス浸炭で問題になることがわかった。

これは、V元素も酸素と親和力の強い元素であるので、それ単15 独ではあまり影響を及ぼさないものの少量のSiが同時に含有することで相互作用を及ぼし、ガス浸炭雰囲気中に存在する少量のCO₂やH₂Oが要因となり、酸化膜が部分的に形成されて問題となったものと推定される。このことから、V元素の好適な範囲の下限はガス浸炭が困難となる0.8重量%以上である。

20 また、硬い炭化物を形成し、焼戻し軟化抵抗を増大させる元素としてモリブデン（Mo）、タングステン（W）、バナジウム（V）を選択的に1種類、あるいはそれ以上複合して添加することが望ましいが、あまり多く添加させると、その効果が飽和してコスト高となったり、研削が困難になるので、モリブデン（Mo）25 は5重量%以下、タングステン（W）は8重量%以下、バナジウム（V）は4.0重量%以下とすることが望ましい。

ニッケル（Ni）は、焼入れ性を向上させ、靱性を高める元素として有効であり、選択的に添加される。しかし、その含有量が4重量%を越えると、その効果は向上せず、残留オーステナイト30 が多量に生じ、焼戻し後の硬度を低下させるので、その上限を4重量%とした。

尚、C r、V、S i の元素は不活性な酸化膜を形成する。

実施例

(I) 転がり軸受の製造方法の第1の実施例について説明する。

$\phi 40\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ の試験片を表1に示す種々の材料で製作し、
5 各種条件で浸炭を行って浸炭性を評価した。

表 1

記号	鋼種	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Ni	浸炭方法	浸炭性ガス	浸炭比	疲労強度 (Kgf/mm ²)	コト
実施例	A	0.2	0.2	0.3	2.2	0.2	—	—	—	真空浸炭	アセトン	1.2	85	○
	B	0.2	0.4	0.7	3	0.5	—	—	—		アセトン	1.2	88	
	C	0.4	0.4	0.4	4	0.9	—	—	—		アセトン	1.22	87	
	D	0.4	0.8	0.5	5	0.5	—	—	—		アセトン	1.18	88	
	E	0.4	0.5	0.3	8	1	—	—	—		アセトン	1.1	86	
	F	0.5	0.4	0.4	13	0.7	—	—	—		アセトン	1.02	88	
	G	0.2	0.2	0.4	15	1.2	—	—	—		アセトン	0.92	85	
	H	0.3	0.2	0.4	18	0.5	—	—	—		アセトン	0.85	82	
比較例	I	0.2	0.2	0.3	2.2	0.2	—	—	—	ガス浸炭 予備酸化 有り	Rx+アセトン	1.05	70	○
	J	0.2	0.4	0.7	3	0.5	—	—	—		Rx+アセトン	0.8	68	
	K	0.4	0.4	0.4	4	0.9	—	—	—		Rx+アセトン	0.2	62	
	L	0.4	0.8	0.5	5	0.5	—	—	—		Rx+アセトン	0.1	60	
比較例	M	0.3	0.2	0.4	18	0.5	—	—	—	アセトン+ アセトン放電	アセトン	0.9	85	X
実施例	N	M50NiL	0.15	0.2	0.3	4	4	—	1.21	真空浸炭	アセトン	1.15		
	O	SUS420J2	0.3	0.6	0.7	13	—	—	—		アセトン	1.12		
比較例	T	M50NiL	0.15	0.2	0.3	4	4	—	1.21	ガス浸炭 予備酸化 有り	Rx+アセトン	0.18		
	U	SUS420J2	0.3	0.6	0.7	13	—	—	—		Rx+アセトン	0.1		
実施例	P	9	0.4	0.2	0.3	4.2	0.2	8	—	真空浸炭	アセトン	1.2		
	Q	10	0.3	0.4	0.4	8	3	—	4		アセトン	1.1		
実施例	R	11	0.4	1.5	0.7	13	1	—	—	真空浸炭	アセトン	1.15		
	S	12	0.2	0.5	1	8	0.3	—	3.5		アセトン	0.95		

1 2

浸炭性の評価では、同一の寸法形状かつ同一の浸炭チャージ（方法）で浸炭を行い、浸炭後に焼入れ、焼戻しを行った S C R 系の比較片について表面からの硬さ勾配を調査し、比較片に対する評価試験片の全浸炭層深さの比で評価するものとした。ここで、

5 S C R 系比較材には評価材と同一炭素（C）濃度の材料が使用される。すなわち、同一ベースの炭素濃度同士での S C R 系比較材と評価材との全浸炭層深さの比（浸炭比）をもって浸炭性評価を行った。第 1 図は浸炭性評価を行った際の熱処理条件を示す図である。

- 10 真空浸炭の場合、 $950^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ で真空浸炭（浸炭＋拡散）、 $820^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ および $850^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ で焼入れ、 $180^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ で焼戻しを行う（同図（A）参照）。

- ガス浸炭の場合、 950°C で予備酸化、 $950^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ でガス浸炭（浸炭＋拡散）、 $820^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ および $850^{\circ}\text{C} \sim 11$
- 15 00°C で焼入れ、 $180^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ で焼戻しを行う（同図（B）参照）。

- プラズマ浸炭の場合、 $950^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ でプラズマ浸炭（クリーニング＋浸炭＋拡散）、 $820^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ および $850^{\circ}\text{C} \sim 1$
- 20 100°C で焼入れ、 $500^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}\text{C}$ で 1 次焼戻し、 $500^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}\text{C}$ で 2 次焼戻しを行う（同図（C）参照）。

また、S C R 系の比較材の場合、浸炭工程までは真空浸炭、ガス浸炭と同様であるが、その後の焼入れ、焼戻し工程では、 $850^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ で焼入れ、 $180^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ で焼戻しを行う（同図（D）参照）。

- 25 表 1 に示す真空浸炭を行った実施例 A～H（クロム（C r）量：2.2～18 重量％）では、S C R 系の比較材と比較して浸炭性は大きく阻害を受けていない。

- また、予め 950°C の大気雰囲気中で予備酸化を行い、不活性（R X）ガスでガス浸炭を行った試験片では（比較例 I～L）、
- 30 C r 量が 2.2 重量％から増加するにつれて浸炭性は阻害され、C r 量が 4 重量％となる比較例 K では浸炭性は著しく阻害されて

いる。

- このことからガス浸炭では、C r 2. 2 重量%程度が浸炭性の点で上限である。尚、浸炭性を評価するために用いた比較材には、上記と同様、評価材と同一の炭素C濃度のS C R系材を使用し、
- 5 評価材と同チャージで予備酸化を行い、さらに、同チャージでガス浸炭を行って浸炭性の評価に供した。

表 2 に比較材として用いたS C R系鋼の化学成分を示す。

表 2

	対象鋼種	C	S i	M n	C r	M o	W	V	N i	
10	比較鋼	1~12	0.15~0.5	0.25	0.85	1.1	0.01	-	-	0.05
	M50NiL									
	SUS420J2									

- 以上示した実施例および比較例から従来のガス浸炭（予備酸化
- 15 +ガス浸炭）では困難であったクロム（C r）3重量%以上の浸炭が、真空浸炭を行うことでクロム（C r）18重量%まで可能になったことがわかる。

また、実施例Hと同鋼種を使用してプラズマ浸炭を行ったが（比較例M）、真空浸炭と比較すると、処理コスト高となる。

- 20 さらに、比較鋼種として従来、難浸炭材とされてきたM 5 0 N i LやS U S 4 2 0 J 2といった既存の鋼種に、真空浸炭を施した実施例N、Oでは、従来のガス浸炭（予備酸化+ガス浸炭）を行った場合と比較すると（比較例T、U）、十分な浸炭性を有していることがわかる。

- 25 また、実施例P、Q、R、Sではクロム（C r）、モリブデン（M o）、バナジウム（V）、タングステン（W）が本実施形態の範囲内であれば、著しく浸炭が阻害されていないことがわかる。実施例R、Sでは、クロム（C r）、シリコン（S i）、ニッケル（N i）の成分量が本実施形態の範囲内であり、浸炭性は著し
- 30 く阻害されていない。

第2図はS C R系比較材で比較浸炭を行った際のクロム（C r）

濃度に対する浸炭比を示す特性図である。ガス浸炭ではC r 濃度が3重量%以上で浸炭性が阻害されているが、真空浸炭ではクロムC r 濃度が18重量%まで浸炭性が阻害されていない。また、ガス浸炭では難浸炭材であるM50NiLやSUS420J2に
5 おいても、真空浸炭を行うことで十分な浸炭性を有している。

つぎに、疲労試験により疲労強度を評価した。疲労試験では、表1の1～8の鋼種についてNU240相当の試験リングを製作し、個々の浸炭性評価例と同一チャージで浸炭、焼入れ、焼戻しを行い、その後、粒界酸化層の有無の影響を調べるため、研削な
10 どの加工を行わず熱処理のまま評価を行った。

第3図は疲労試験を行うための試験機の概略的構成を示す図である。疲労強度試験機10は、試験リング12を回転可能に挟持する荷重ロール14および駆動ロール17と、試験リング12の外周部を支持するサポートロール19とを備える。疲労試験は、
15 荷重ロール14で試験リング12に荷重を加えつつ、駆動ロール17を回転させて試験リング12を回転駆動する際、駆動ロール17の回転数を $N=1000\text{rpm}$ に設定し、 1×106 回を疲労限とした。荷重ロール14に荷重を加えて試験を行った際、試験リングは内径面表面の最大応力（引張り）発生部位にて割損す
20 ることとなるが、疲労強度は疲労限となる応力値で示され、その結果を表1に示す。

すなわち、荷重をかけて回した場合、荷重ロール14および駆動ロール17と接触する試験リング12の2ヶ所に対応する内径面表面12aに最大引張応力が発生し、ここから割損することになる。疲労強度は疲労限となった際のこの部位の応力値をもって
25 示され、応力値は荷重とリングの径、肉厚から計算で求められる。また、サポートロール19と接触する試験リング12の2ヶ所に対応する内径面表面12bには圧縮応力が発生することになる。

真空浸炭を行った実施例A～Hと比較してガス浸炭を行った比較例I～Lでは疲労強度が小さいが、これはガス浸炭であるので、
30 表面に粒界酸化層が残ったことが要因と考えられる。

1 5

- (II) 転がり軸受の製造方法の第 2 の実施例について説明する。
φ 6 3 m m × 6 m m の試験片を表 3 に示す種々の鋼種で製作し、
表 3、表 4 および第 4 図に示す各種条件で浸炭、焼入れ、焼戻し
の熱処理を行った実施例および比較例について浸炭むら（浸炭性）
5 の発生を比較すると共に異物潤滑下におけるスラスト寿命試験を
行って比較した。第 4 図は各種熱処理条件を示す図である。前記
第 1 の実施例では、プラズマ浸炭において 2 回の焼戻し（5 0 0
℃～5 5 0 ℃）を行っていたが、第 2 の実施例では低温（1 8 0
℃±2 0 ℃）焼戻しを 1 回だけ行っている。

表 4

記号	鋼種	熱処理	浸炭性	Δ HRC	L_{10} 寿命 ($\times 10^6$) 準高温	L_{10} 寿命 ($\times 10^6$) 常 温	コスト
E1	2	A	O	0.2	18.8	105	O
E2	3	A	O	0.3	22.4	140	
E3	4	A	O	0.3	20.5	—	
E4	5	A	O	0.2	21.1	—	
E5	CBS600	A	O	0.3	20.3	—	
E6	11	A	O	0.2	23.1	—	
E7	1	B	O	0.3	12.5	—	
E8	2	B	X	16.4	1.8	4.3	
E9	11	B	X	12	1.1	6.2	
E10	12	B	O	0.2	8.5	74.1	
E11	3	C	O	0.3	21.9	—	X

スラスト寿命試験については、S i および V など焼戻し軟化抵抗性の影響を見る点から、準高温下（130℃）および常温下（約25℃）でそれぞれ寿命試験を行った。尚、試験機としては「特殊鋼便覧」（第1版、電気製鋼研究所編、理工学社、1965年5月25日）の第10章P21記載のスラスト形試験機を用いた。

寿命試験の条件：

面圧：4900Mpa

回転数：1000rpm

10 潤滑油：#150タービン油（準高温試験）

#68タービン油（常温試験）

混入異物：

組成：Fe₃C系鉄

硬さ：HRC52

15 粒径：74～147μm

混入量：潤滑油中に300ppm

第5図は硬さ測定位置を示す図である。浸炭むら（浸炭性）の評価方法では、各種の浸炭、焼入れ、焼戻しの熱処理を行った試験片24につき、その表面の中心から10mm間隔で計13ヶ所
20 （第5図参照）に硬さ測定を行って調査した。そして、測定硬さの最高硬さおよび最低硬さの差を調査して浸炭むら発見の手段とした。

浸炭性の低下（浸炭むらの発生）により、炭素が低い場合、硬度が低下して現れるので、上記方法を用いた。表4では、浸炭性
25 を、浸炭むらが発生していたものに関して×と表し、発生していなかったものに関して○と表し、硬度差（ΔHRC）と共に示した。

つづいて、浸炭むら（浸炭性）調査を行った試験片について、最表面の粗さを調整する目的で表面を50μm研削した後、寿命
30 試験を行った。

表3、表4からガス浸炭を行った比較例E7はS i の含有量が

0.8重量%未満の0.7重量%であったので、浸炭むらが発生していなかった。しかし、同じガス浸炭を行った比較例E8では、Siの含有量が0.8重量%以上であったので、浸炭むらが発生し、部分的に軟化した部分が生じてしまった。

- 5 このため、準高温寿命試験結果は比較例E7と比較して短寿命となってしまった。試験終了後、試験片のはくり部周辺の硬さ測定を行ったところ、硬度は大きく低下しており、浸炭性の低下した箇所であった。

これに対し、上記比較例E8と同一鋼種であり、真空浸炭を行
10 った実施例E1では、浸炭むらは発生しておらず、準高温寿命試験結果も長寿命であった。さらに、Siの含有量が上限である実施例E2、およびW、Niを多く含有している実施例E3、Mo、Vを多く含有している実施例E4について、両者とも浸炭むらは発生しておらず、準高温寿命試験結果も長寿命であった。

- 15 さらに、ガス浸炭で浸炭を行い、浸炭むらが発生していなかった比較例E7では、実施例E1、E2、E3、E4、E5、E6と準高温寿命試験結果を比較すると、比較例E7はやや短寿命である。これは比較例E7および実施例の試験片を調査した結果、比較例E7はガス浸炭を行っているので、表面に粒界酸化層が生
20 じており、表面粗さ調整時の研削の取代が不足しているため、表面に粒界酸化層が残留してしまい、短寿命となってしまったと推定される。

また、ガス浸炭を行い、浸炭むらが発生していなかった比較例E7とE10を比較すると、比較例E10の方がやや短寿命であ
25 るが、これは比較例E10の方がSiの含有量が少なく、焼戻し軟化抵抗性が少ないことから準高温下での寿命試験結果は実施例E10の方が短寿命であったと考えられる。

さらに、アセチレン真空浸炭を行った実施例表面には、粒界酸化層などの異常層は認められなかった。この結果、アセチレン浸
30 炭を行ったものの浸炭性は著しく阻害されず、ガス浸炭と比較しても表面の異常層発生の懸念のないことがわかる。

20

つきに、Crの含有量が上限である鋼種11を使用した実施例E6では、浸炭むらの発生および寿命低下の問題がないことがわかる。しかしながら、ガス浸炭を行った比較例E9では、浸炭に先立って予備酸化を行ったにもかかわらず、浸炭性が悪く、この5 比較例については部分的な浸炭むらではなくほぼ全面に浸炭されていた。

また、比較例E11は、実施例E2と同一鋼種でプラズマ浸炭を行った例である。実施例E2と同様の合金元素であるにもかかわらず、浸炭むらの発生はなく、寿命試験結果も良好であった。10 しかしながら、プラズマ設備にコストがかかるため、真空浸炭と比較すると、処理コスト高となってしまう。

また、実施例E5として、高Si材の既存鋼種であるCBS600を用いた結果を示す。この結果、浸炭むらの発生は認められず、寿命試験結果も良好であった。上記実施例、比較例の寿命試験では、高温下での使用環境を想定し、Siの焼戻し軟化抵抗性の影響を調査する目的で準高温寿命試験を行った。15

つづいて、Siなど焼戻し軟化抵抗性元素の影響が比較的にくい常温環境下での寿命試験を行った結果を、同じく表3および表4に示す。浸炭むらが発生し、硬さが低下した比較例E8、E20 9は準高温寿命試験結果と同様、短寿命であった。しかし、Siの含有量が0.2重量%と低い比較例E10と、Siの含有量が比較的高くアセチレン浸炭を行った実施例E1、E2を比較すると、比較例E10はガス浸炭を行ったので、表面に粒界酸化層が残留しているにもかかわらず、準高温試験を行った場合の寿命差25 ほどは差が出ていない。このことから、Siの添加は焼戻し軟化抵抗性に大きく影響を及ぼすことがわかる。

(Ⅲ) 転がり軸受の製造方法の第3の実施例について説明する。試験片の作成、試験および評価法は前記第2の実施例と同一で行い、鋼種、熱処理および評価結果を表5および表6に示す。

表 5

	記号	鋼種	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Ni	浸炭方法	浸炭性ガス
実施例	E12	6	0.3	0.3	1.5	1.0	-	-	0.8	-	真空浸炭	アセチレン
	E13	7	0.35	0.4	1	1.5	0.1	-	1.0	-		
	E14	8	0.4	1.5	0.4	18	0.3	-	4.0			
比較例	E15	6	0.3	0.3	1.5	1.0	-	-	0.8	-	ガス浸炭	R _x +プロパン
	E16	9	0.35	0.3	0.6	0.8	0.5	-	0.7	-		
	E17	10	0.3	0.2	1.5	1.5	-	-	0.8	-		
	E18	8	0.4	1.5	0.4	18	0.3	-	4.0	-		

表 6

	鋼種	熱処理	浸炭性	ΔHRC	L ₁₀ 寿命 (×10 ⁶ 準高温)
E12	6	A	○	0.3	25.5
E13	7	A	○	0.3	28.1
E14	8	A	○	0.2	29.3
E15	6	B	×	12.9	2.8
E16	9	B	○	0.5	15.3
E17	10	B	○	0.4	14.2
E18	8	B	×	6.7	3.8

- 10 表 5 および表 6 からガス浸炭を行った比較例 E 1 5 は、S i の含有量が 0.3 重量%、V の含有量が 0.8 重量%であるので、浸炭むらが発生していることがわかる。このため、準高温寿命試験結果も短寿命であった。しかし、S i の含有量および V の含有量が本発明の範囲から外れる比較例 E 1 6 (V の含有量が範囲外)
- 15 、比較例 E 1 7 (S i の含有量が範囲外) には、浸炭むらが発生しておらず、準高温寿命試験結果は、比較例 E 1 5 と比較して長寿命であった。比較例 E 1 5 について、試験終了後、試験片のはくり部周辺の硬さ測定を行ったところ、硬度は大きく低下しており、浸炭性の低下した箇所であった。
- 20 これに対して、比較例 E 1 5 と同一鋼種であり、本発明の範囲内である実施例 E 1 2 には浸炭むらは発生しておらず、準高温寿命試験結果も長寿命であった。さらに、S i の含有量および V の含有量が本発明の範囲内で多く含有している実施例 E 1 3、E 1 4 については、両者とも浸炭むらが発生しておらず、準高温寿命
- 25 試験結果も長寿命であった。さらに、ガス浸炭で浸炭を行った比較例 E 1 6、E 1 7 と実施例 E 1 2、E 1 3、E 1 4 の寿命試験結果を比較すると、比較例 E 1 6、E 1 7 はやや短寿命である。これは、比較例 E 1 6、E 1 7 および実施例 E 1 2、E 1 3、E 1 4 を調査した結果、前記第 2 の実施例の場合と同じ理由、つま
- 30 り粒界酸化層の残留により、短寿命になってしまったと推定される。

23

アセチレン真空浸炭を行った実施例の試験片表面には、粒界酸化等の異常層は認められなかった。この結果から本発明の範囲でアセチレン浸炭を行ったものは浸炭性が著しく阻害されず、ガス浸炭と比較しても表面の異常層発生の懸念のないことがわかる。

- 5 また、前記第1の実施例と比較してS iの含有量は少なくなってもVの含有量との相互作用によって本発明の範囲に示す成分範囲下限付近でも従来のガス浸炭では問題が発生することがわかる。

また、比較例E 1 8は実施例E 1 4と同一鋼種でガス浸炭を行った例であるが、C rの含有量が多いので、浸炭に先立って予備
10 酸化を行ったものの、ほとんど全面で浸炭性の悪い結果となった。

さらに、実施例E 1 ~ E 5と実施例E 1 2 ~ E 1 4を比較すると、実施例E 1 2 ~ E 1 4の方がやや寿命が長い。これは実施例E 1 2 ~ E 1 4の添加元素が実施例E 1 ~ E 5に比較して焼戻し軟化抵抗性に有効なS iに加え、焼戻し軟化抵抗性および耐摩耗
15 性に有効なVを多く含有したことによって寿命差が生じたものである。

さらに、これまでに示した実施例と比較すると、浸炭時間が長くなるものの、芯部靱性が特に要求される箇所（場所）に使用される鋼種としてP y r o w e a r 6 7 5が知られており、その実
20 施例、比較例を表7、表8に示す。

2 4

表 7

	鋼種	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Ni	Co	浸炭方法	浸炭性ガス
実施例	E19 Pyrowear675	0.05	0.4	0.6	13	1.75	-	0.6	2.5	5	真空浸炭	7セチレン
比較例	E20 Pyrowear675	0.05	0.4	0.6	13	1.75	-	0.6	2.5	5	ガス浸炭	Rx+プロパン

表 8

	鋼種	熱処理	浸炭性	Δ HRC	L_{10} 寿命 ($\times 10^6$)
E19	Pyrowear675	A	O	0.3	26.5
E20	Pyrowear675	B	X	22	2.4

25

本鋼種を使用しガス浸炭を行った比較例 E 20 では C r、V が本発明の範囲に入ることから推定されるように、浸炭むらが発生し、寿命試験結果も短寿命となってしまう。しかし、アセチレン真空浸炭を行った実施例 E 19 では、浸炭むらは発生せず、寿命試験結果も長寿命であった。

産業上の利用可能性

本発明の請求項 1 に記載の転がり軸受の製造方法によれば、炭素 0.05 重量%~0.5 重量%、クロム 0.5 重量%~1.8 重量%、シリコン 1.5 重量%以下、モリブデン 5 重量%以下、バナジウム 4.0 重量%以下、ニッケル 4 重量%以下およびタングステン 8 重量%以下を含む合金鋼に浸炭、焼入れおよび焼戻しを行って内輪、外輪および転動体の少なくとも 1 つを製造する際、前記浸炭を真空浸炭で行うので、粒界酸化層による強度低下をもたらしことなく従来より低い製造コストで耐熱浸炭鋼を材料とする高機能な軸受を製造することができる。

請求項 2 に記載の転がり軸受の製造方法によれば、前記合金鋼は、炭素 0.15 重量%~0.5 重量%、クロム 2.2 重量%~1.8 重量%を含むので、従来のように特殊な設備や多くの工程を必要とすることなく高合金鋼の浸炭を容易に行うことができる。

また、真空（減圧）雰囲気下で浸炭が行われるので、ガス浸炭で問題となっていたワーク表面の粒界酸化層の生成を防止でき、疲労強度の高い軸受を安価に提供することができる。このように、粒界酸化層による強度低下をもたらしことなく従来より低い製造コストで耐熱浸炭鋼を材料とする高機能な軸受を製造することができる。

請求項 3 に記載の転がり軸受の製造方法によれば、前記合金鋼は、炭素 0.05 重量%~0.5 重量%、クロム 0.5 重量%~1.8 重量%、シリコン 0.8 重量%~1.5 重量%を含むので、焼戻し軟化抵抗性を向上させることができる。

請求項 4 に記載の転がり軸受の製造方法によれば、前記合

26

金鋼は、炭素0.05重量%～0.5重量%、クロム0.5重量%～1.8重量%、シリコン0.3重量%～1.5重量%、バナジウム0.8重量%～4.0重量%を含むので、焼戻し軟化抵抗性の向上に加え、硬い炭化物を形成することにより研削性（耐摩耗5性）を確保できる。

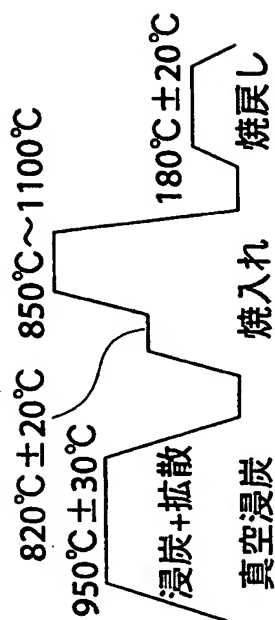
請求項5に記載の転がり軸受の製造方法によれば、前記真空浸炭はアセチレンを導入して行われるので、浸炭雰囲気中に CO_2 や H_2O が存在せず、酸化膜の生成を抑制できる。

請求の範囲

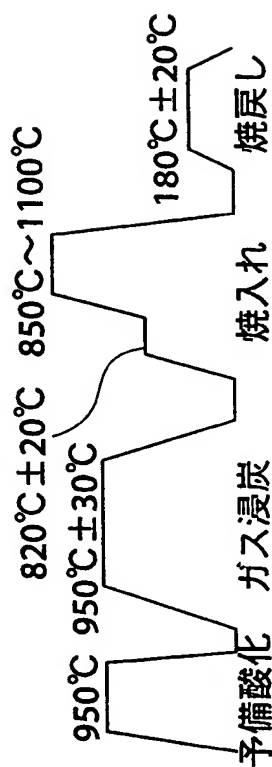
1. 炭素 0.05 重量%～0.5 重量%、クロム 0.5 重量%
～1.8 重量%、シリコン 1.5 重量%以下、モリブデン 5 重量%
5 %以下、バナジウム 4.0 重量%以下、ニッケル 4 重量%以下
およびタングステン 8 重量%以下を含む合金鋼に浸炭、焼入れ
および焼戻しを行って内輪、外輪および転動体の少なくとも 1
つを製造する際、
前記浸炭を真空浸炭で行うことを特徴とする転がり軸受の製
10 造方法。
2. 前記合金鋼は、炭素 0.15 重量%～0.5 重量%、クロ
ム 2.2 重量%～1.8 重量%を含むことを特徴とする請求の範
囲第 1 項記載の転がり軸受の製造方法。
3. 前記合金鋼は、炭素 0.05 重量%～0.5 重量%、クロ
ム 0.5 重量%～1.8 重量%、シリコン 0.8 重量%～1.5
15 重量%を含むことを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の転がり
軸受の製造方法。
4. 前記合金鋼は、炭素 0.05 重量%～0.5 重量%、クロ
ム 0.5 重量%～1.8 重量%、シリコン 0.3 重量%～1.5
20 重量%、バナジウム 0.8 重量%～4.0 重量%を含むことを
特徴とする請求の範囲第 1 項記載の転がり軸受の製造方法。
5. 前記真空浸炭はアセチレンを導入して行われることを特徴
とする請求の範囲第 1 項乃至第 4 項のいずれか記載の転がり軸
受の製造方法。

第1図

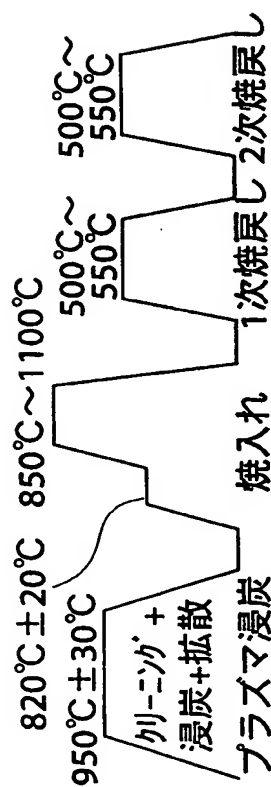
(A) 真空浸炭



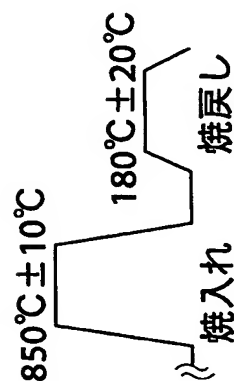
(B) ガス浸炭



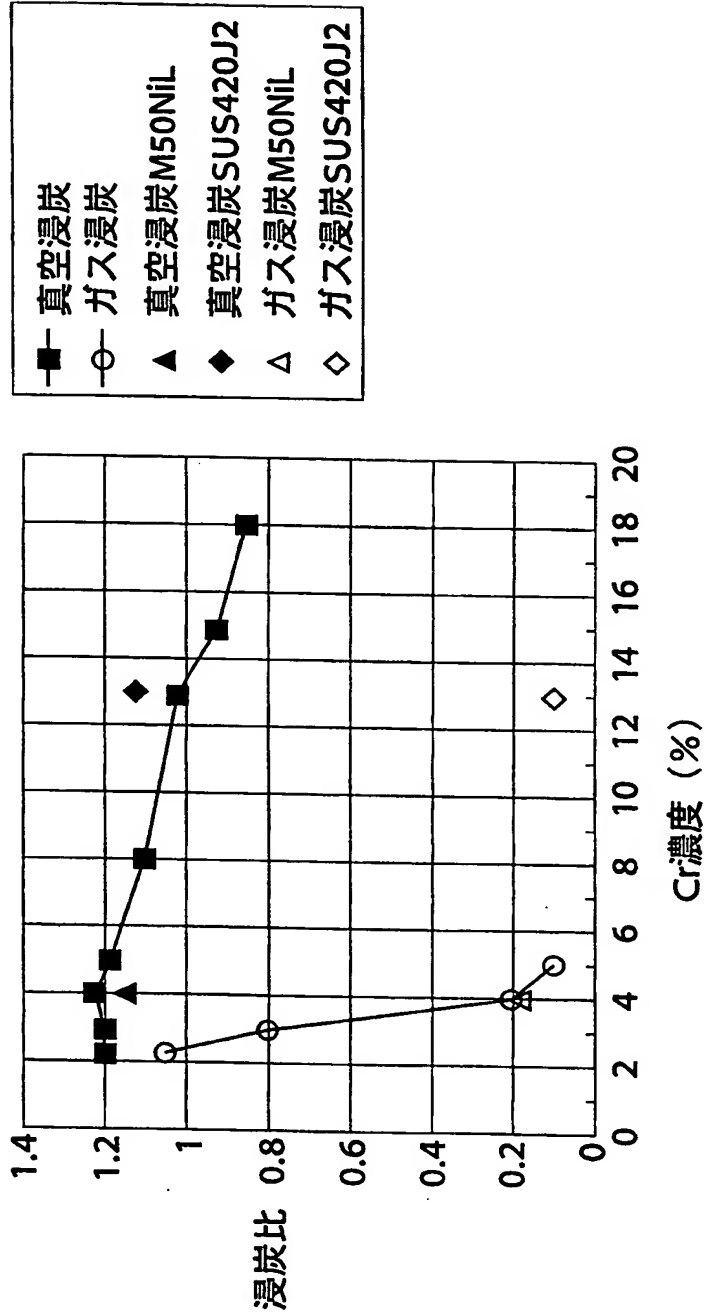
(C) プラズマ浸炭



(D) SCR系比較材

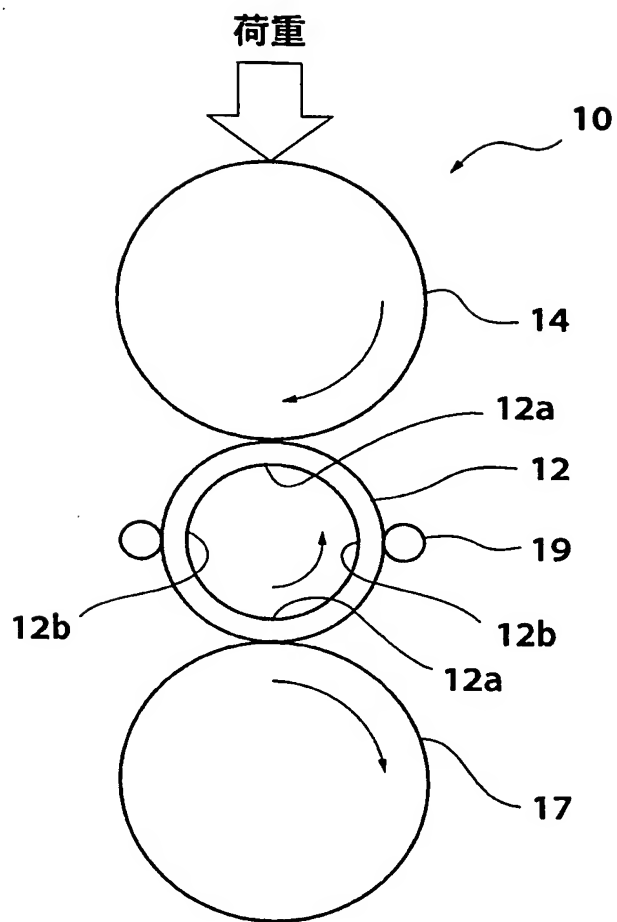


第2図

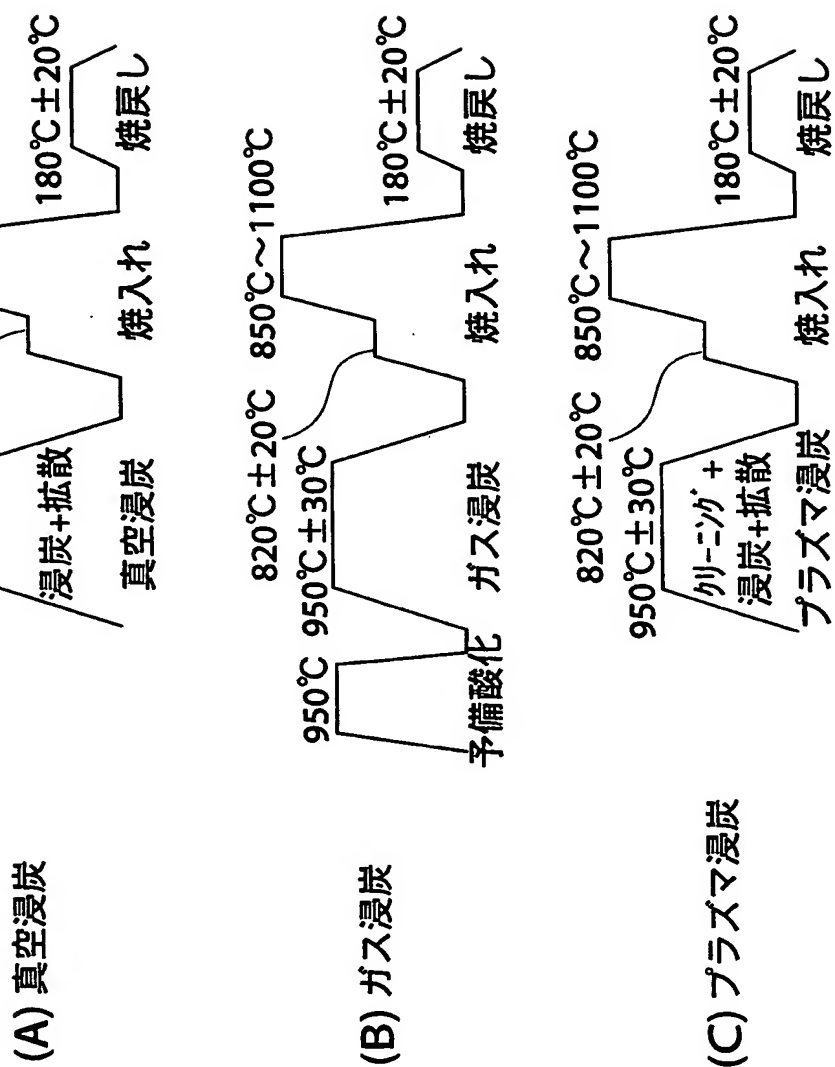


3 / 5

第 3 図

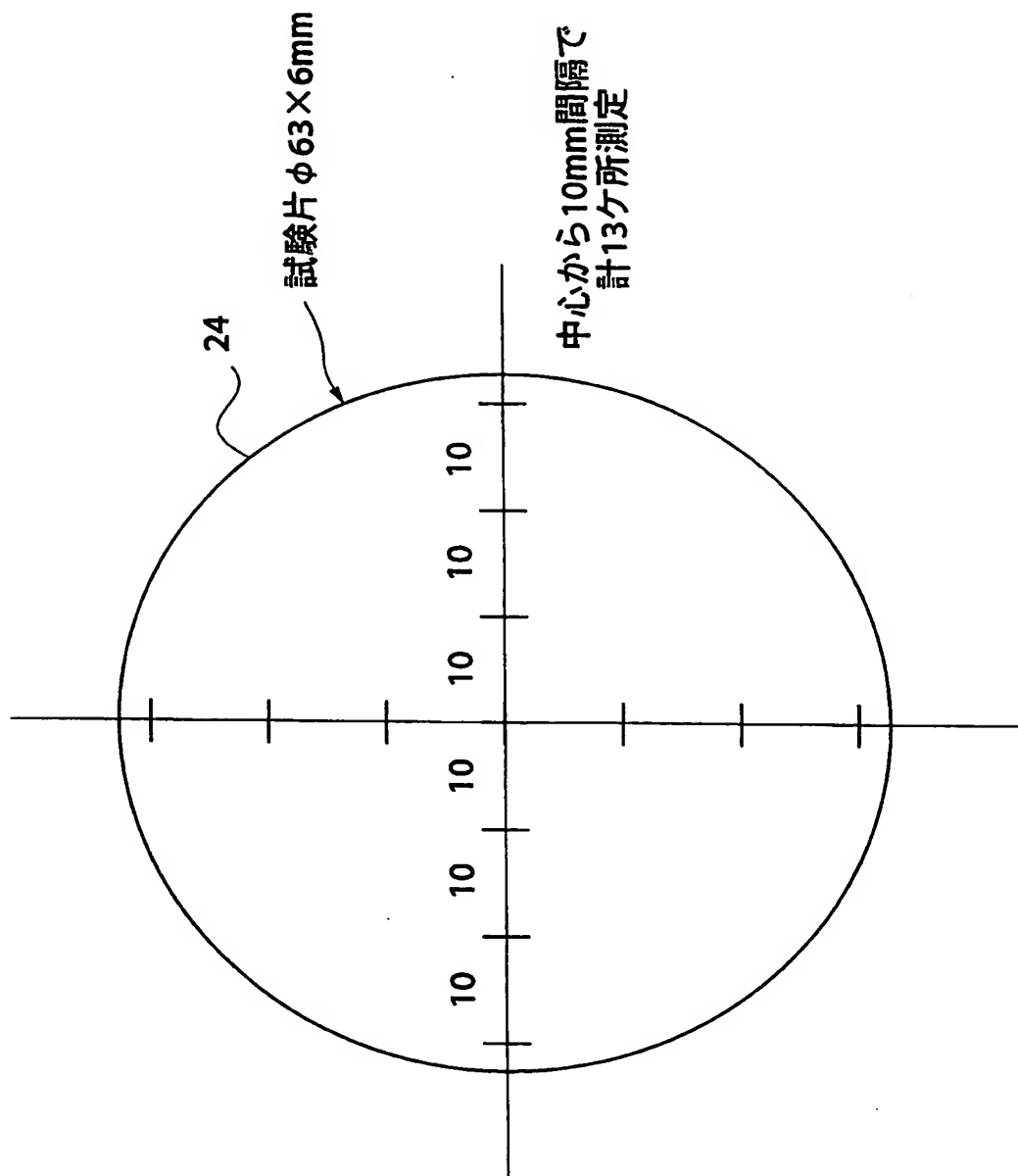


第4図



(C) プラズマ浸炭

第5図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/03782

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁶ C23C8/22, C22C38/00, F16C33/32, 33/34, 33/64

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ C23C8/22, C22C38/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 56-29667, A (Daido Steel Co., Ltd.), 25 March, 1981 (25. 03. 81), Claim 1 ; page 2, upper right column, lines 4 to 16 ; page 2, lower right column, line 1 to page 3, upper right column, line 5 (Family: none)	1-5
Y	JP, 61-236923, A (General Electric Co.), 22 October, 1986 (22. 10. 86), Page 4, upper right column, line 8 to 3rd line from the bottom & EP, 193094, B1 & US, 4659241, A & DE, 3671275, C0	1-5
Y	JP, 4-26752, A (NSK Ltd.), 29 January, 1992 (29. 01. 92), Page 1, lower left column, line 18 to lower right column, line 6 ; Examples & GB, 2244103, B2	1-5
Y	JP, 8-325701, A (K.K. Nippon Heizu), 10 December, 1996 (10. 12. 96), Column 1, lines 1 to 14 (Family: none)	5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
--	---

Date of the actual completion of the international search
3 December, 1998 (03. 12. 98)

Date of mailing of the international search report
15 December, 1998 (15. 12. 98)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ C23C8/22, C22C38/00, F16C33/32, 33/34, 33/64

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ C23C8/22, C22C38/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996

日本国公開実用新案公報 1971-1998

日本国登録実用新案公報 1994-1998

日本国実用新案登録公報 1996-1998

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 56-29667, A (大同特殊鋼株式会社), 25. 3月. 1981 (25. 03. 81) 特許請求の範囲第1項, 第2頁右上欄第4-16行, 第2頁右下欄 第1行-第3頁右上欄第5行 (ファミリーなし)	1-5
Y	J P, 61-236923, A (ゼネラル・エレクトリック・カン パニー), 22. 10月. 1986 (22. 10. 86), 第4頁 右上欄第8-下から3行& EP, 193094, B1&US, 4 659241, A&DE, 3671275, C0	1-5
Y	J P, 4-26752, A (日本精工株式会社), 29. 1月. 1992 (29. 01. 92), 第1頁左下欄第18	1-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 12. 98

国際調査報告の発送日

15.12.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

酒井美知子

4K

7141

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	行一右下欄第6行, 実施例&GB, 2244103, B2 JP, 8-325701, A (株式会社日本ヘイズ), 10. 12月. 1996 (10. 12. 96), 第1欄第1-14 行 (ファミリーなし)	5